Linzer biol. Beitr.	22/1	213-235	29.6.1990

PALÄOLIMNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM BOHRKERN AUS DEM PROFUNDAL DES MONDSEES (OBERÖSTERREICH)

PALEOLIMNOLOGICAL INVESTIGATIONS ON A LONG KERNEL FROM THE PROFUNDAL OF LAKE MONDSEE (UPPER AUSTRIA)

Von E.SCHULTZE & R.NIEDERREITER, Mondsee

1.Zusammenfassung Summary

1.1.An einem Langkern aus dem tiefsten Bereich des Mondsees wurde der spät-bis mittelpostglaziale Abschnitt pollen-und pigmentanalytisch untersucht.

1.2.Die See-und Vegetationsentwicklung wird beschrieben. Sie verläuft ähnlich wie am benachbarten Attersee, aber naturgemäß unterschiedlich zu den Lokalitäten im Voralpengebiet:
Nach einer waldlosen Zeit im Älteren Spätglazial (bis etwa 13.000 vor heute) beginnt die Wiederbewaldung mit Sträuchern und Legföhren und setzt sich im Alleröd (II) mit der Ausbreitung der Rotföhre fort. Nach einem deutlichen Klimarückschlag in der Jüngeren Dryas (III) wandeln sich die Klimaverhältnisse grundlegend.
Im Präboreal (IV) wandert die Fichte, im Älteren Atlantikum (VI) - jeweils während feuchter Perioden - die Buche ein.

1.3 Die Pigmentkonzentrationen sind in den untersuchten Abschnitten äußerst gering und erlauben keine quantitative Differenzierung spezifischer Einzelcarotinoide von Pflanzengruppen.

Summary

1.1.A long core taken from the deepest profundal of Lake Mondsee from late glacial up to middle holocene sections by palynological and pigmentanalytical methods was investigated.

1.2.Lake - and vegetation history are described. The development runs similarly to that of Lake Attersee area but different from Pre Alpine lokalities.
After the deforestation in Older Late Glacial period (up to 13,000 yrs.before present) reforestation starts with growing up of shrubs and *Pinus mugo* and continues with spreading out of *Pinus silvestris.* After a clearly depression in Younger Dryas (III), climate changes significantly. *Picea* appears in humid periods of Preboreal (IV), *Fagus* in Older Atlantic (VI).

1.3 Pigment concentrations of the investigated core sections are very poor and do not allow quantitative differentiation for single carotenoids of specific groups of water born plants.

2.Einleitung

Die bisherigen paläolimnologischen Untersuchungen am Mondsee konzentrierten sich neben der Auswirkung der neolithischen Besiedelung , auf die jüngste anthropogene Einflußnahme und damit die Veränderung des Seezustandes während der letzten 40 Jahre.

Dabei befaßten sich Arbeiten von HELBIG et.al. (1985) und IRLWECK & DANIELOPOL (1985) mit der Auswirkung der Eutrophierung auf Sedimente, sedimentbesiedelnde Organismen und Datierungsmöglichkeiten mit Hilfe von Radioisotopen. SCHMIDT et.al. (1985) und SCHULTZE (1985, 1987) untersuchten laminierte Sedimente auf Veränderungen in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der

Diatomeenreste und der Variationen der Pigmentkonzentrationen seit der Mitte der 50-er Jahre und konnten den Eutrophierungsverlauf auf Grund verschiedener Indikatoren belegen.

Zahlreiche zum Teil ältere (EINSELE, 1963; FINDENEGG, 1969) und neuere Untersuchungen (DOKULIL 1984, u.a.m.) konnten diese Befunde zum größten Teil bestätigt werden.

Weiters sind noch die Arbeiten der Benthosgruppe des Limnologischen Institutes (DANIELOPOL et.al. 1985), sowie laufende Untersuchungen, welche sich insbesonders mit der Sauerstoffsituation und deren Auswirkungen auf die Abundanz von Ostracoden am Seeboden beschäftigen, zu nennen.

All diese Untersuchungen sind derzeit noch nicht abgeschlossen.Aus oben untersuchten Fragestellungen kristallisierte sich der Wunsch nach genauerer Kenntnis der Entstehungsgeschichte und älteren Entwicklung des Mondsees heraus. Anhand von Paläopigmentanalysen können vergangene Phytoplanktonentwicklungen abgeschätzt werden. Auf diese Methodik gestützte,zeigten eigene Untersuchungen verschiedenster Typen von Seesedimenten (SCHULTZE,1987) , daß beispielsweise quantitative Carotinoid-analysen für unterschiedliche Seetypen verschiedene Interpretationsmodelle verlangen. So treten beispielsweise im meromiktischen (teildurchmischten) Längsee vor etwa 7-8.000 Jahren Carotinoid-Konzentrationen von über 9.000 ppm auf, während in rezenten Sedimentproben des selben, heute eutrophierten Sees nur nur Werte von 200 ppm zu messen sind.

Im Gegensatz dazu liegen die Konzentrationen in holomiktischen (einmal jährlich ganz zirkulierenden, eutrophen Seen (z.B. Grabensee/Oberösterreich und Salzburg)(SCHULTZE 1985) bei maximal 300-400 ppm in Oberflächensedimenten und bei maximal 150 ppm in *warm-zeitlichen Sedimenten des Boreals und Atlantikums (ca.8.000-6.000 J. vor heute)*.

Um zu erkunden, ob am Mondsee solche älteren, "eutrophen" Phasen vor der jüngsten Eutrophierungsperiode nachweisbar sind, wurde

4. Lage und Charakteristik des Mondsees

Stammdaten

Geogr.Breite	47° 48'
Geogr.Länge	13° 23'
Seehöhe (mNN bei Mittelwasser)	481
Max.Länge (km)	9,2
Max.Breite (km)	2,3
Einzugsgebiet (km^2)	247
Seefläche (km^2)	14,21
Verhältnis	1:17
Max. Tiefe (m)	68,3
Durchschnittstiefe	36,0
Volumen (km^3)	5,10
Ausfluß ($m^3\ s^{-1}$)	9,2
Wassererneuerungszeit in Jahren	1,7
Gesamt -P ($\mu g\ l^{-1}$)	20,2
Phytoplankton Biomasse ($\mu g\ l^{-1}$)	670

Quelle: JAGSCH & MEGAY (1982)

4.3. Charakteristik

Der Mondsee gehört wie alle größeren Salzkammergutseen als holomiktischer See dem monomiktischen Seetypus an. Im Sommer erreicht er epilimnische Temperaturen von 22 °C und in manchen Jahren wie 1983 und 1986 sogar bis zu 26 °C. Isotherme Bedingungen werden gewöhnlich im Dezember vorgefunden und er mischt üblicher Weise während des Winters (monomiktischer See). Inverse Temperaturen und dimiktische Verhältnisse treten nach vollkommener Eisbedeckung auf, was aber nicht die Regel ist (vergl. DOKULIL und JÄGER, 1985).

3. Auswahl der Probenentnahmestelle

Erfahrungsgemäß eignet sich für eine repräsentative Bohrkernentnahme am besten der tiefste Seebereich. In den tieferen Beckenteilen reichern sich Nährstoffe und Organismenreste oder auch Pigmente am stärksten an. Die Bohrstelle am Mondsee wurde deshalb bei 67m etwas südlich der tiefsten Stelle (68,5 m) auf dem Transekt Mooswinkelbucht-Scharfling fixiert. Probebohrkerne aus dem Teil näher der Mooswinkelbucht unterschieden sich von den näher Scharfling gelegenen deutlich. Während erstere kompakt und stehend waren, waren zweitere durch den großen Gehalt an Gasblasen gekennzeichnet. Proben aus dem Inhalt dieser Gasblasen waren weder brennbar, was auf diagenetisch entstandene Kohlenwasserstoffe schließen lassen konnte , noch zeigten sie den typischen Schwefelwasserstoffgeruch. Vielmehr liegt die Vermutung nahe, daß es sich beim Inhalt dieser Gasblasen um CO_2 handelt.

Da die Grenze Flysch-Nördliche Kalkalpen direkt durch die Mitte des Sees verläuft, kann ein hydrologischer Einfluß aus dem südlich gelegenen Karstsystem des Grießberges angenommen werden. Durch jüngst durchgeführte sedimentechographische Untersuchung einer Arbeitsgruppe aus Göttingen (J. SCHNEIDER, M. HERMANN, mündl.Mitt.) konnten diese Beobachtungen erhärtet werden.

Das Langprofil wurde bewußt in den flyschferneren Beckenteil verlegt um die "gasblasenreiche" Sedimente zu studieren.

1985 bei 45 m ein Langkern, (Kernlänge 7 m) abgeteuft und pigment- und pollenanalytisch untersucht (HANDL, SCHULTZE,in Vorber.). Aus dem selben Core wurden Proben von NAUWERCK (1989 im Druck) auf Cladocerenreste untersucht.

Die pollenanalytischen Untersuchungen dieses ersten Langcores ergaben in den basalen Kernabschnitten ein mittelatlantisches Alter (Buchendominanz). Wie oben schon angedeutet, ergab sich dadurch die Frage nach der älteren Entwicklung. Außerdem stellte sich durch mehrfache Beobachtungen heraus, daß diese Stelle bei 45 m durch Eintrag aus Zuflüssen wie der Wangauer Ache gestörte Sedimentationsverhältnisse aufweisen könnte.

Schon aufgrund der vorliegenden Arbeiten von KLAUS (1975), der eine geschlossene Abfolge des Riss/Würm-Interglazials und eines Würm-Interstadials am Mondsee beschrieben hat, war es von großem Interesse einen Anschluß an diese von 200.000-36.000 Jahren vor heute währende Entwicklung zu finden.
Die interglazialen Sedimente (SCHULTZE 1985, 1987, 1990,in Vorb.) zeigten nur einen geringen Gehalt an Farbstoffen und wurden als Litoralbildungen gedeutet. Die Pigmentwerte erreichen in diesen Schichten maximal 46 ppm.

In vorliegender Arbeit wird bewußt nur der spät- bis mittelpostglaziale Abschnitt behandelt. Die jüngeren Abschnitte sollen in einer eigenen, umfassenderen Publikation (HANDL, Diss. in Vorb. und SCHULTZE in Vorb.) dargestellt werden.

Ausgehend von Untersuchungen am Zürichsee (SIDLER, 1985), wo in Bohrkernen aus dem Profundal, die 100 m mächtig waren, Organismenreste aber nur bis in eine Teufe von 13 m vorgefunden werden konnten, erwartete man ähnliche Verhältnisse auch von Mondseebohrkernen.

5. Probenentnahme und Methodik

Das in vorliegender Arbeit untersuchte Profil MO7, 67 m wurde im September 1988 von einer Bohrplattform aus mit einem von NIEDER-REITER (siehe Abb.1) modifizierten Kullenberglot (Kammerlänge 2.000 mm, Kammerdurchmesser 60 mm) abgeteuft. Es besteht aus einem Außenrohr aus Edelstahl (1) und einem Einzugsrohr aus Kunststoff (2). Dieses Gerät erlaubt ein fortgesetztes Tiefergehen durch Nachsetzen. Der Verschluß der Bohrkammer besteht aus einem durch 6 Stahlkugeln (3) hydraulisch verriegelbaren Stahlkolben (4), welcher mittels Seilzug (10) entriegelt wird. Die Besonderheit dieser Konstruktion ist ein oberhalb der Verriegelungsspitze(4) angebrachter Kolben(5), der im Augenblick, in dem das Bohrrohr zur Gänze abgestoßen ist, die oberhalb des Kolbens befindliche, definierte Wassermenge (6) durch den Zwischenraum (7) zwischen Kern- und Stahlrohr über eine Bohrung in eine an der Basis des Mantelrohres angebrachte Gummimanschette (8) drückt, welche dann das Rohr verschließt und gleichzeitig die Sedimentsäule (9) abschneidet (core catcher).
10 Kolbenseil; 11 Dichtring; 12 Anschlußstück für Bohrgestänge; 13 gehärtete,auswechselbare Bohrkrone.

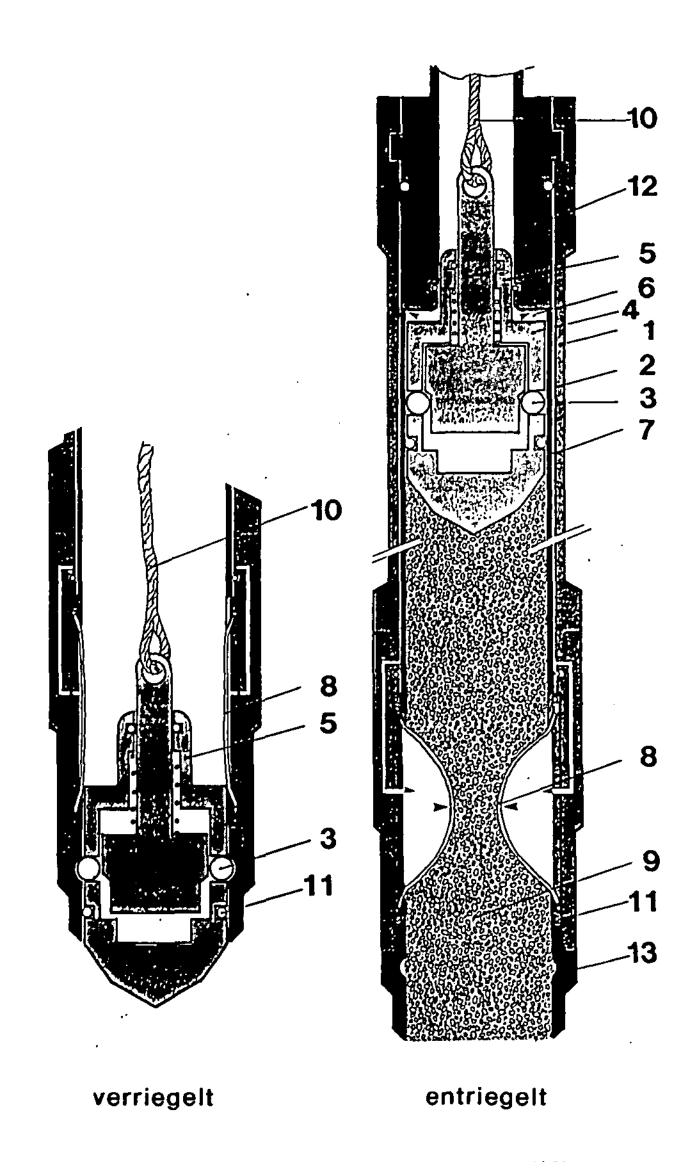


Abb. 1: Schnittzeichnung des modifizierten Kullenberg - Kolbenlotes (Legende im Text)

Die so gewonnenen Kernrohre werden dann in Stücke von 1m zersägt, oben und unten mit PVC-Kappen verschlossen und dann ins Labor transportiert. Dort werden sie der Länge nach mit einer Spezialapparartur aufgeschlitzt und mit Hilfe einer Nylonsaite in zwei Halbschalen zerlegt.

Eine Kernhälfte wird als Referenz für Nachuntersuchungen im Kühlraum bei 4 °C aufbewahrt.

Aus den verbleibenden Kernhälften werden nun in einem Abstand von 5 - 10 cm Proben von 1 cm^3 entnommen.

Für die Pigmentanalysen werden diese Proben mit 10 cm^3 eines Gemisches von Äthanol und Aceton (1:1) versetzt und in einem mit Stickstoff befüllten, verschlossenen Becherglas mit Hilfe eines Magnetrührers ca. eine halbe Stunde lang extrahiert. Dann werden sie am Vakuum filtriert. Der verbleibende Filterrückstand wird bei 80 °C 12 Stunden getrocknet und später für die Pollenanalyse verwendet. Der filtrierte Extrakt wird dann am Photometer gemessen und nach den von ZÜLLIG (1982) und SCHULTZE (1985, 1987) gegebenen Formeln die Farbstoffkonzentrationen errechnet. Für die Einzelpigmentanalysen werden die Extrakte am Rotationsverdampfer zur Trockene eingeengt,mit 1-2 ml Extrakt aufgenommen,auf Kieselgelplatten aufgebracht und chromatographiert.

Die Aufbereitung für die Pollenanalyse erfolgt nach KLAUS (1967) und SCHULTZE (1975): die Proben werden mit dem Filterpapier zuerst in 17,5 % HCl, nach dreimaligem Waschen in 75 % HF techn. und dann abermals in 17,5 % HCl gekocht. Nach dreimaligem Waschen ist der sogenannte "anorganische" Gang beendet und der Großteil der anorganischen Komponenten aus der Probe entfernt. Dann wird die Probe zuerst in Eisessig, dann in Natriumbromatlösung +1 Tropfen HBr und zuletzt in einem Azetolysegemisch nach ERDTMAN gekocht. Zwischen den einzelnen Kochschritten wird die Probe jeweils 3x gewaschen. Der Rückstand wird mit einer definierten Menge von einem Glyzerin-Wasser-Gemisch versetzt und mittels Mikropipette eine wiederum de-

finierte Menge auf einem Objektträger aufgetragen und mit einem Deckglas abgedeckt.

Die Auszählung der Proben erfolgte mit Hilfe eines Reichert-Jung Mikroskops Type Diavar (Ölimmersion 50/1.0;160/- Objektiv).

Die Bestimmung der Pollendichte erfolgte nach KLAUS (1967), (modifiziert SCHULTZE, 1975).

6. Profilbeschreibung

Das Profil Mo 7, 67 m wurde in einer Gesamtlänge von 1380 cm abgeteuft. Beim Versuch das Bohrgerät auf 1380 cm abzustoßen wurde die Verriegelung des Kolbens durch einen technischen Fehler frühzeitig gelöst. Daher war der Core 7 stratigraphisch nicht sicher einzuordnen und wurde auch nicht dargestellt. In vorliegender Arbeit werden die Basiscores (Teilcore 5,6) dargestellt.

Core 6 (1180 cm-1002 cm): weißgrauer Schluff, homogen. Core 5 (1002 cm-796 cm): grauweißer Schluff, mehr oder weniger homogen.

7. Ergebnisse

7.1. Pigmente

Die höchsten Rohcarotinoidwerte wurden bei 1155 cm mit 98 ppm gemessen. Dort tritt auch die höchste Pollendichte mit 373.000 Pollenkörner/ccm (PK cm^{-3}) auf. Phaeophytin und Phaeophorbid (beides Abbauprodukte von Chlorophyll) erreichen in Summe nur 30 ppm. Bakterienchlorophylle und -carotinoide treten nur in Spuren auf. Als Indikator für den Allochthoneintrag diente das Verhältnis Chlorophyllderivate: Roh(Total)carotinoide (CD:TC) , wonach beispielsweise, SANGER & GORHAM (1972) und GORHAM et al. (1974) hohe CD:TC-Werte als Maß eines größeren Inputs an allochthonem, organischen Material ansehen.Der Allochthoneintrag ist - gemessen an heutigen Verhältnissen - relativ gering. Die Allochthonie bezieht sich aber auch auf den Input aus litoralem Millieu. Die

Ratio beträgt für diesen Abschnitt 0.30 während sie in eutrophen Phasen des Mondsees bis auf 0.05 abfällt.

Ein weiterer Horizont, bei 1085 cm, zeigt ebenfalls höhere Pigmentkonzentrationen. Rohcarotinoide erreichen einen Wert von 58 ppm, die Chlorophyllderivete 30 ppm. Die Ratio CD:TC ist 0,51 und deutet daher auf mehr allochthonen Eintrag.

Die besprochenen Proben eignen sich aufgrund ihres niedrigen Pigmentgehalts allerdings nicht für eine einigermaßen sichere quantitative Analyse der Einzelpigmente. Diese Erscheinung wurde auch bei dem einleitend erwähnten Kern MO 45m beobachtet.

7.2. Pollenanalytische Ergebnisse

7.2.1. Diagrammdarstellung(Abb.2)

Die Diagrammdarstellung erfolgte in einem Hauptdiagramm in dem Baumpollen (Arboreal Pollen=AP) und Nichtbaumpollen (NAP=Non Arboreal Pollen) als 100 % angenommen und die Prozentanteile gegeneinander aufgetragen sind. Auf eine weitere detaillierte Darstellung einzelner weniger wichtiger Pollentypen wurde verzichtet.

Weiters sind noch die Pollendichte in Pollenkörnern /cm^{-3} (PK cm^{-3}) Sediment und an wichtigen Punkten die Prozentwerte von *Coccus nivalis* KLAUS (ein weiterer ,wichtig Zeiger für Allothonie) bezogen auf die Gesamtpollensumme, die Pollenzonen nach FIRBAS, sowie die Waldentwicklung angeführt (s.Abb.2).

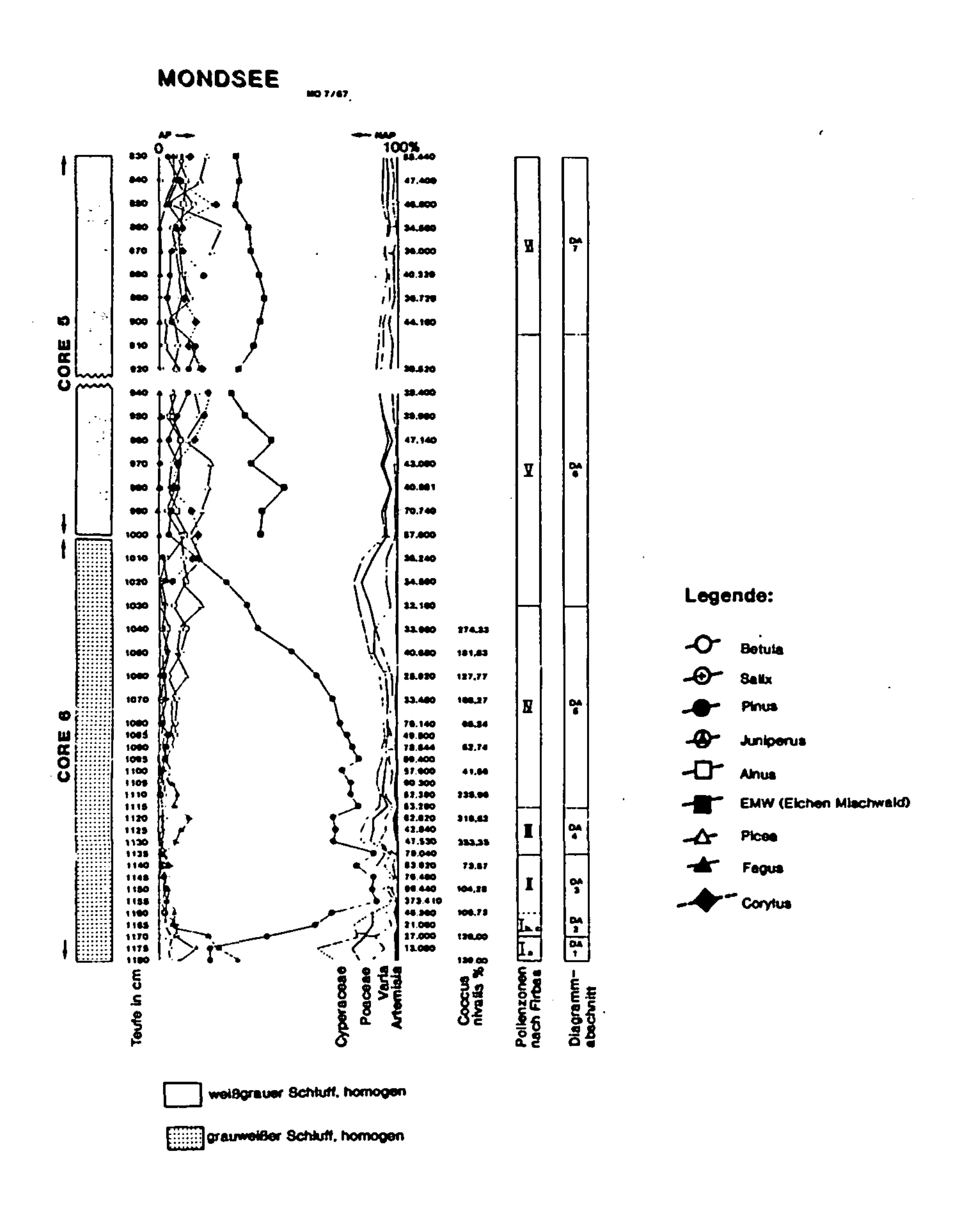


Abb.2: Pollen- und Sporendiagramm

7.2.3. Diagrammbeschreibung

Diagrammabschnitt 1 (DA 1)

Der Diagrammabschnitt 1 ist gekennzeichnet durch hohe *Juniperus-* und *Salix*werte. *Pinus* erreicht nur eine Frequenz von etwa 25 % und setzt sich großteils aus Pollenkörnern der Rotföhre zusammen, was auf Weitflug hindeutet. Der NAP erreicht nicht ganz 30%. Trotz dieser geringen NAP-Werte, die wohl auf die Größe des Sees und die große Distanz vom Ufer zum Bohrpunkt zurückzuführen ist, erblickt der Verfasser im DA 1 die "klassische" initiale Strauchphase vor der Wiederbewaldung.

Diagrammabschnitt 2 (DA 2)

Die Sukzession schreitet nun kontinuierlich fort und wird zu Beginn des DA 2 durch das explosionsartige Ansteigen der *Pinus*kurve dokumentiert. Hier erreicht *Pinus* den höchsten Wert (über 90 %) im gesamtem Profil. Die NAP spielen sogut wie keine Rolle und übersteigen nicht einmal die 5 %-Grenze. Der dominierende Typ unter den *Pinus*pollen ist der von *P. mugo* mit Werten von 70 % und überstrahlt den *P. sylvestris*-Typ (15 %), welcher aus dem Weitflug stammt. Der Rest des *Pinus*pollen wurde nicht näher bestimmt. In diesem Abschnitt herrschen "relativ" ruhige Sedimentationsverhältnisse (siehe Pkt. 7.1.). Strauch- und Birkenpollen spielen überraschender Weise nur eine untergeordnete Rolle (siehe unten). Die Werte von *Coccus nivalis* KLAUS sind stärkeren Schwankungen unterworfen und liegen zwischen 100 und 250 %. Hohe Werte deuten auf stärkeren allochthonen Einfluß hin.

Diagrammabschnitt 3 (DA 3)

Pinus bleibt mit Werten um 90 % dominant. Die Pollendichte liegt zwischen 80.000 und 60.000 PK cm^{-3}. Die Bedeutung von *Coccus nivalis* nimmt stark ab, was auf relativ ruhige Sedimentationsbedingungen schließen läßt.

Diagrammabschnitt 4 (DA 4)

Ein neuerliches Ansteigen der *Juniperus*kurve und damit verbunden ein Einbruch in der *Pinus*pollen-Frequenz unter leichter Zunahme der NAP indiziert eine regressive Vegetationsentwicklung etwa gleichkommend einer Auflichtung der Waldbestände. Wie schon oben erwähnt spielt die Birke auch hier, wie übrigens im gesamten spät- und frühpostglazialen Abschnitt eine nur untergeordnete Rolle. Dieses Phänomen kann auf die Größe des Sees und damit auf geringeren lokalen, vom Ufer aus wirksamen Einfluß auf die Pollenzusammensetzung der uferfernen Profundalsedimente zurückgeführt werden. Das Pollendiagramm erhält dadurch einen sozusagen "regionalen" Charakter. Daneben wäre auch noch anzuführen, daß die Ufer des Mondsees (verglichen beispielsweise mit den Salzburger Vorlandseen) relativ steil und reliefreich sind, was das Aufkommen ausgedehnterer Birkenbestände nicht gerade begünstigt.

Die Pollendichte sinkt auf unter 50.000 PK cm^{-3}. Das deutet wiederum auf eine Zunahme der Sedimentationsgeschwindigkeit hin.

Diagrammabschnitt 5 (DA 5)

Im Da 5 vollzieht sich der Wandel von den spätglazialen Föhrenwäldern zur frühpostglazialen Waldgesellschaft. Immer noch unter Föhrendominanz wandern Erle und Fichte in das Waldbild ein. Die Fichte spielt in dieser Höhenlage nur eine untergeordnete Rolle.

Die absolute Pollenzahl sinkt, was auf eine zunehmend höhere Sedimentationsgeschwindigkeit zurückzuführen ist. Gegen Ende des DA 5 nehmen die NAP wiederum leicht zu und die Föhre verliert ihre Dominanz.

Ein Fichtenpollengipfel mit über 20% leitet in den DA 6 über.

Diagrammabschnitt 6 (DA 6)

Der DA 6 ist charakterisiert durch die rasche Zuwanderung von allen wichtigen Waldelementen mit Ausnahme der Tanne und Hainbuche. Ein Haselgipfel zu Beginn des Abschnittes, gefolgt von der ersten EMW(Eichenmischwald)-Dominanz, welche auch noch im nächsten Abschnitt andauert, prägen das Pollenbild. Etwa um die Mitte des DA 6 erreicht die Fichtenkurve - zwischen zwei Haselgipfeln - abermals Werte über 20 %, wahrscheinlich als Folge humideren Klimas. Gleichzeitig tritt erstmals - wenn auch nur in geringen Prozentsätzen - Buchenpollen auf.

Diagrammabschnitt 7 (DA 7)

Ein abermaliger "sekundärer" Haselgipfel, in dessen mittlerem Abschnitt ein Anstieg der Erlenkurve zu beobachten ist, folgt wiederum ein durch einen Hasel-Birken-Erlengipfel unterbrochener Fichtenanstieg. Gleichzeitig tritt *Fagus* in geschlossener Kurve auf und überschreitet die 5 % Marke. Der EMW bleibt weiter dominant. Auch die Sedimentationsbedingungen ändern sich nicht merklich.

8. Zeitliche Einstufung und Diskussion der Ergebnisse

8.1. Älteres Spätglazial

Das Ältere Spätglazial reicht im Sinne von SCHULTZE (1984) im Gebiet südlich der Alpen bis etwa 14.000 v.h. Zeitlich etwas jünger setzt SCHMIDT (1986) diesen Abschnitt im nördlichen Alpenvorland an. Diese Verzögerung kann durch "schlechtere" klimatische Verhältnisse und dadurch spätere Besiedlung der Talböden erklärt werden.

In diese Periode nach dem ausklingenden Pleniglazial fällt das Abschmelzen der weit in das Alpenvorland reichenden Würmgletscher Abb.3). Das Mondsee- und Atterseebecken blieb relativ lang von

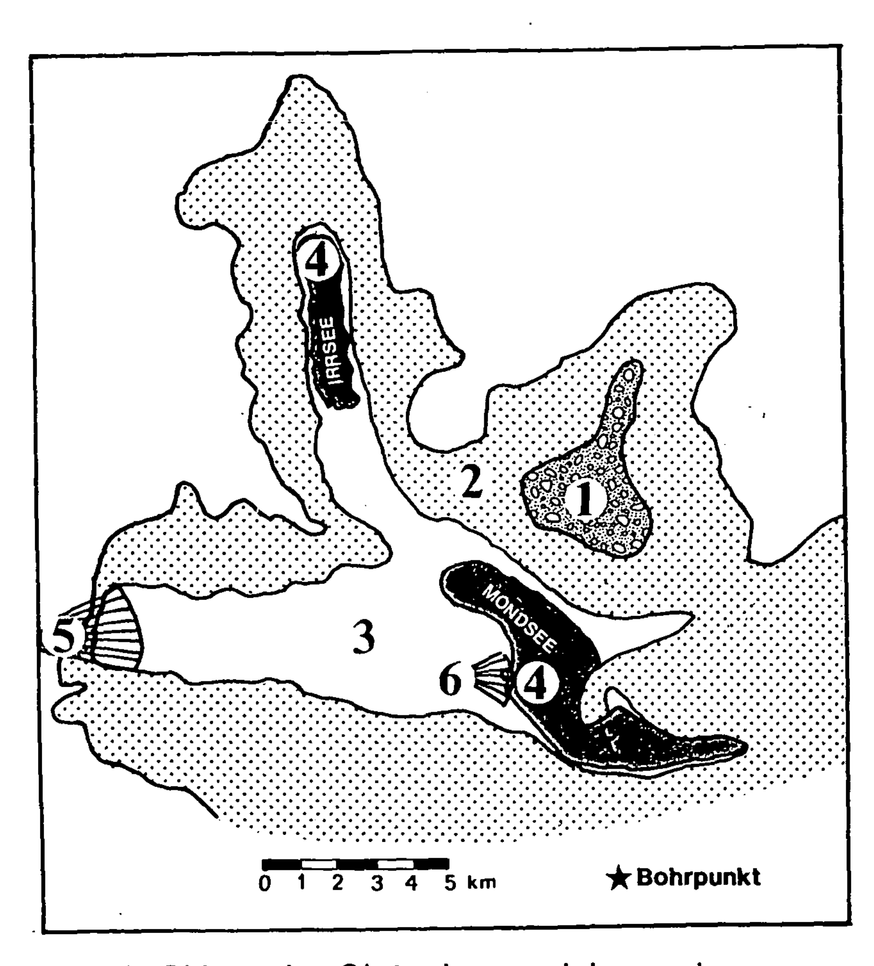


Abb. 3: Skizze der Gletscherausdehnung im Würm - Pleniglazial sowie ehemalige und heutige Seeflächen

1 Nunatak (eisfrei) 2 Maximale Ausdehnung des Würmgletschers 3 Seespiegel zu Beginn des Älteren Spätglazials um etwa 15.000 vor heute 4 Heutige Restseen 5 Delta der Schmelzwässer des Salzachgletschers 6 Delta der Fuschler - Ache

Toteiskörpern bedeckt, die nur sehr langsam abschmelzen. Nach dieser Abschmelzperiode bedeckt der Mondsee den Bereich bis Thalgau und ist vermutlich noch mit dem Irrsee verbunden. Westlich von Thalgau an der Strecke Autobahnabfahrt Thalgau nach Hof findet man gut aufgeschlossen die Reste eines mächtigen Deltas (siehe Abb.3,5), welches durch die in den damaligen Mondsee fließenden Wassermassen aus dem Salzachgletschers abgelagert wurde. Damit wurden große Mengen von fluviatilem Material in das Mondseebecken eingeschwemmt. Gleichzeitig schnitt sich der Atterseeabfluß in seine Endmoränen ein, das Mondsee - Atterseesystem lief aus und der Wasserspiegel beider Seen erreichte ziemlich rasch etwa den heutigen Stand. Der westliche Teil des Mondsees zwischen Thalgau und Mondsee verlandete. Den Hauptanteil daran hatte die Fuschler-Ache, welche aus dem alten Mündungsdelta des Salzachgletscher-Abflusses Material in den Mondsee transportierte und unter anderem das heute noch gut sichtbare Mündungsdelta (siehe Abb.3,6) aufbaute.

Im jüngeren Teil des Älteren Spätglazials stabilisierten sich die Zu- und Abflußbedingungen, nicht zuletzt dadurch, daß eine spärliche Vegetationsdecke die Erosion verminderte.

Zu dieser Zeit (von 15.000 - 13.000 v.h.) bildete sich eine alpine Zwergstrauch- und Polsterflur neben *Poaceen*, *Artemisia* und *Chenopodiaceen* aus, so wie sie im Pollendiagramm (DA 1) abgebildet ist.

Die Besiedlung im See war spärlich und beschränkt sich auf einzelnen Funde von Ostracoden und Cladoceren, Pflanzenpigmente spielen eine unbedeutende Rolle(Eigene unpubl.Unters.)

8.2. Jüngeres Spätglazial

Die Grenze Älteres Spätglazial: Jüngeres Spätglazial ist pollenstratigraphisch mit dem Beginn der Wiederbewaldung anzusetzen und entspricht zeitlich der Grenze Ältere Dryas (Ia) und Bölling Interstadial (Ib) etwa um 13.000 vor heute. Allochthonie ist immer noch vorherrschend.

Die kontinuierlich fortschreitende Sukzession der Umgebungsvegetation bis zur spärlichen Wiederbewaldung durch *Pinus mugo* und Zwergbirken (Grex prostrata) charakterisiert den älteren Teil, welcher zum Alleröd (II) (DA 2, 3) überleitet. In diesem Bereich findet man die höchsten Föhrenwerte im genannten Diagramm. Der Anteil der Baumvegetation (*P. sylvestris*) erreicht erstmals einen Höhepunkt. Auch im Mondsee nimmt die Besiedlung explosionsartig zu. Neben verstärktem Auftreten von Ostracoden und Cladoceren (DANIELOPOL,HANDL mündl.Mitt.) können auch relativ hohe Carotinoidwerte (98 ppm) gemessen werden, die hauptsächlich aus den Pigmenten von Grünalgen stammen. Vermehrte Funde von Pediastren untermauern diese Annahme. Diese Entwicklung resultiert aus einer Klimabesserung, ausgedrückt durch abnehmende *Coccus nivalis*-Werte, welche ruhigere Sedimentationsverhältnisse (geringere Allochthonie) dokumentieren.

Das jüngere Spätglazial endet mit einer abermals regressiven Klimaperiode, der Jüngeren Dryas sensu strictu (III). Sie äußert sich in einer Depression der Föhrenkurve und einem nochmaligen Anstieg der NAP.

Wie oben schon erwähnt, hat das Pollendiagramm vom Mondsee stark "regionalen Charakter", denn die lokale Bedeutung der Birke, welche in kleineren Ablagerungsystemen hauptsächlich zur Deutung der stratigraphischen Verhältnisse der Jüngeren Dryas herangezogen wird, kommt am Mondsee nicht zur Geltung.

Ein gutes Indiz für eine klimatische Verschlechterung ist auch die sinkende Pollendichte.

8.3. Postglazial

Das Postglazial ist charakterisiert durch den Wandel von spätglazialen Föhren-Birkenwäldern zu den Klimaxgesellschaften und beginnt mit dem Präboreal (IV) um etwa 10.000 vor heute. Neben den edaphischen Bedingungen spielt ein grundlegender Wandel im Charak-

ter des überregionalen Klimas eine bedeutende Rolle. Die scheinbar klare Dynamik des Glazialklimas mit deutlichen Schwankungen zwischen kalt-trocken und warm-feucht und mit extremen Amplitudenunterschieden wird im Postglazial immer mehr variabel. So wechseln feucht-kühle Perioden mit trocken-warmen u.s.w.

Im Präboreal herrschen zu Beginn trocken-warme Klimaverhältnisse vor, die spätglaziale Vegetationsrelikte konkurrenzmäßig begünstigen.

Um die Mitte des Präboreals setzen dann kühl-feuchte Klimaverhältnisse ein, die dem Wachstum der Fichte in montanen Bereichen entgegen kommen.

Zu Beginn des Boreals (V), in der älteren Literatur auch als Wärmezeit (im Gegensatz zum Präboreal - Vorwärmezeit) bezeichnet, herrscht trocken-warmes Klima. Das begünstigt die Einwanderung der Hasel, der Ulme und der Eiche. Um die Mitte des Boreals in einer etwas feucht-kühlen Periode breitet sich dann die Fichte endgültig aus. Die sekundären Haselgipfel dokumentieren abermals trocken-warme Verhältnisse.

Diese Klimapendelungen lassen sich auch im nächsten Abschnitt, dem Älteren Atlantikum (VI) weiter verfolgen und begünstigen - zugleich mit einem tertiären Fichtengipfel in einer feucht-kühlen Periode - die Ausbreitung der Rotbuche.

Danksagung

Dank gilt unserem technischen Personal für die Vorbereitung der Geräte und der Durchführung der Bohrung , Herrn Karl Maier sowie Frau Liselotte Eisl und Frau Claudia Huber für die umsichtige Probenaufbereitung und bei der Erstellung der Zeichnungen.

Literatur

DANIELOPOL, D.L., GEIGER, W., TÖLDERER-FARMER, M.,ORELLANA, C.P. & TERRAT, M.N., 1985: The ostracodes of Mondsee: spatial and temporal changes during the last fifty years. In: DANIELOPOL, D.L., R. SCHMIDT & E. SCHULTZE (Eds.) 1985: Contributions to the paleolimnologiy of Trumer lakes (Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upper Austria). - Limnologisches Institut Mondsee: 99-121.

DOKULIL, M., 1984: DieReoligotrophierung des Mondsee. Laufener Seminararbeitr. 2/86: 46-53.

DOKULIL, M. & P. JÄGER, 1985: General limnological characterization of the Trumer lakes, Mondsee, Attersee and Traunsee. In: DANIELOPOL, D.L., R. SCHMIDT & E. SCHULTZE (Eds.) 1985): Contributions to the paleolimnology of Trumer Lakes (Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upper Austria). - Limnologisches Institut Mondsee: 16-25.

EINSELE, E., 1963: Schwere Schädigungen der Fischerei und der biologischen Verhältnisse im Mondsee durch Einbringung von lehmig-tonigem Berg-Abraum. Der spezielle Fall und seine allgemeinen Lehren. - Österr. Fischerei 16: 2-12.

FINDENEGG, I., 1969: Die Eutrophierung des Mondsee im Salzkammergut. - Wasser und Abwasser'Forsch., 4: 139-144.

GORHAM, E., J.W.G. LUND, J.E. SANGER & W.E. DEAN, 1974: Some relationship between algal standing crop, water chemistry and sedimentchemistry in the English lakes. - Limnol.OCeanogr. 19: 601-617.

HELBIG, J., H. HIRSCHWEHR, E. HORSTHEMKE, J. SCHNEIDER, 1985: Preliminary results of sedimentological investigations of two selected cores from the Mondsee. In: DANIELOPOL, D.L., R. SCHMIDT & E. SCHULTZE (Eds.) 1985: Contributions to the paleolimnology of Trumer lakes (Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upepr Austria). - Limnologisches Institut Mondsee: 84-88.

IRLWECK, K. & DANIELOPOL, D.L., 1985: Caesium 137 and Lead-210 dating of recent sediments from Mondsee (Austria). - Hydrobiolgia 128:175-185.

JAGSCH, A. & MEGAY, 1982: Der Mondsee. In: E. WURZER (Ed.), Seenreinhaltung in Österreich. Wasserwirtschaft 6: 155-163.

KLAUS, W., 1967: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte Salzburgs. Das Torfmoor am Walserberg. - Verh.Geol. B.-A., 1-2: 200-211.

KLAUS, W., 1975:Das Mondsee-Interglazial,ein neuer Florenfundpunkt der Ostalpen. - Jb.Oö.Museal.Ver.120,I.Abh.315-344.

KLAUS, W., 1977: "*Coccus nivalis*". Ein häufiges Mikrofossil des Spätglazials. - Linzer biol. Beitr. II9/1: 81-84.

NAUWERCK, A., 1989: Bosmina changes in Sediments of lake Mondsee.- Hydrobiologia(im Druck).

SANGER, J.E. & E. GORHAM, 1972: Stratigraphy of fossil pigments as a guide to the postglacial history of Kirchner March, Minnesota. - Limnol.Ocenogr., 17: 840-854.

SCHMIDT, R., J. MÜLLER & J. FROH, 1985: Laminated sediments as a record of encreasing eutrophication of lake Mondsee. In: DANIELOPOL, D.L., R. SCHMIDT & E.SCHULTZE (Eds.), 1985: Contributions to the paleolimnology of Trumer lakes (Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upper Austria). -Limnologisches Institut Mondsee: 99-121.

SCHMIDT, R., 1986: Zur spät- und nacheiszeitlichen Entwicklungsgeschichte der Trumer Seen und ihrer Umgebung. - Stud.Forsch. Salzburg, 2: 459-470.

SCHULTZE, E., 1975: Pollenanalytische Untersuchungen eines alten Hochmoorkörpers bei Etrach in der Krakau (Steiermark, Österreich). - Sitzungsber.Ö.A.W., Mathem.-naturw.Kl., Abt. I, 184, 8-10: 421-431.

SCHULTZE, E., 1984: Neue Erkenntnisse zur spät- und frühpostglazialen Vegetations- und Klimaentwicklung im Klagenfurter Becken. - Carinthia II, 174./94.: 261-266.

SCHULTZE, E., 1985: Carotenoids from selected cores of the Trumer lakes, and the Mondsee (trophic development and human impact). In: DANIELOPOL, D.L., R. SCHMIDT & E. SCHULTZE (Eds.) 1985: Contributions to the paleolimnology of Trumer lakes (Salzburg) and the lakes Mondsee, Attersee and Traunsee (Upper Austria). -Limnologisches Institut Mondsee: 52-64.

SCHULTZE, E., 1987: Fallstudien zur Paläolimnologie. - Geologija 31 (im Druck).

SCHULTZE, E., 1990: Pollenanalytische Untersuchungen an Baumaterial (Kalktuff) aus dem frühgotischen Ausgrabungsbereich des Klosters Mondsee. - Linzer biol.Beitr. (in Vorb.).

SIDLER, C., 1984: Palynological Investigations of Zubo sediments. In: K. HSÜ & K. KELTS (eds.) Quaternary Geology of Lake Zürich: An interdisciplinary investigation by deep lake drilling. Contributions to Sedimentology 13: 103-114.

ZÜLLIG, H., 1982: Untersuchungen über die Stratigraphie von Carotinoiden im geschichteten Sediment von 10 Schweizer Seen zur Erkundung früherer Phytoplanktonentfaltung. - Schweiz.Z.Hydrol., 44/1:1-98.

Anschrift der Verfasser: Dr.Ekkehard SCHULTZE und Richard NIEDERREITER

Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Abt.Mondsee
Gaisberg 116, A-5310 Mondsee